

T
r
a
b
a
l
h
o

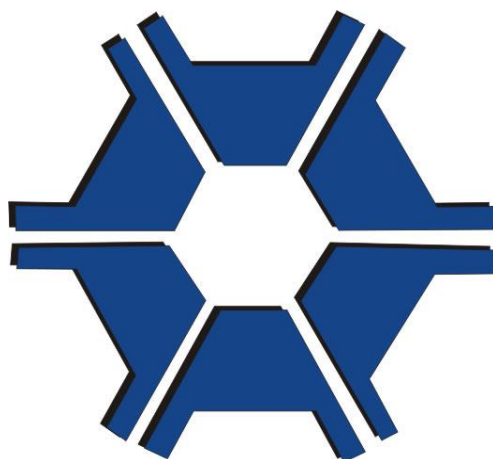
d
e

C
o
n
c
l
u
s
ã
o

d
e

C
u
r
s
o

Universidade Federal de Santa Maria – RS
Coordenação do Curso de Agronomia – CCR



Nome do Aluno: Leidiana da Rocha

Ano/Semestre: 2015/II

Título do Trabalho: Condutância estomática e taxa fotossintética em canola cultivada em solo com dreno e sem dreno

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA FOTOSSINTÉTICA EM CANOLA
CULTIVADA EM SOLO COM DRENO E SEM DRENO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Leidiana da Rocha

**Santa Maria, RS, Brasil
2015**

**CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA FOTOSSINTÉTICA EM CANOLA
CULTIVADA EM SOLO COM DRENO E SEM DRENO**

Escrito por

Leidiana da Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Agrometeorologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Agrônoma**.

Orientador: Prof°. Dr°. Arno Bernardo Heldwein

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Curso de Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA FOTOSSINTÉTICA EM CANOLA
CULTIVADA EM SOLO COM DRENO E SEM DRENO**

elaborado por

Leidiana da Rocha

como requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profº. Drº. Arno B. Heldwein
(Orientador)

Prof.ª Isabel Lago

Prof.ª Angelica Durigon

Santa Maria, 1 de dezembro de 2015.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria

CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA FOTOSSINTÉTICA EM CANOLA CULTIVADA EM SOLO COM DRENO E SEM DRENO

Autor: Leidiana da Rocha
Orientador: Prof^o. Dr^o. Arno Bernardo Heldwein
Data: Santa Maria, 1 de dezembro de 2015.

A utilização da canola no sistema de rotação de culturas surge como alternativa para a sustentabilidade da produção agrícola, principalmente para o Sul do Brasil. Seu desenvolvimento, assim como de qualquer outra cultura agrícola, é influenciado por diferentes fatores ambientais e ecofisiológicos da planta. Objetivase com esse trabalho avaliar a condutância estomática (gs) e da taxa fotossintética (A) em solo drenado e não drenado, bem como sua relação com elementos meteorológicos na cultura da canola. O experimento foi realizado em condições de campo com delineamento em blocos ao acaso em faixas, onde os tratamentos foram solo drenado e solo sem dreno, com quatro repetições, totalizando 8 unidades experimentais, medindo 12,6 m² cada. Utilizou-se a cultivar Hyola 61 em pleno florescimento, na qual foram realizadas as leituras de gs e A em duas folhas saudáveis e expandidas de duas plantas por parcela, com o auxílio de um aparelho IRGA (Infrared Gas Analyzer, ADC BioScientific Limited, modelo LCI-SD) durante cinco dias consecutivos, em intervalos de uma hora a cada medida. Coletaram-se as raízes de duas plantas por parcela, nas quais foi medido o comprimento de raízes a cada 5 cm do perfil e depois realizada a pesagem de massa seca (MS). As análises de variância utilizadas para verificar o efeito da drenagem do solo sobre a A e gs não demonstraram diferença significativa entre os tratamentos (com e sem dreno). A melhor correlação obtida foi da taxa fotossintética com a radiação solar, taxa de transpiração e déficit de saturação de vapor na folha, indicando relação direta e positiva. De modo geral, os dados de comprimento das raízes de todo o perfil do solo não apresentaram diferença significativa entre as plantas no solo com dreno e as plantas no solo sem dreno. Porém, a avaliação da matéria seca a cada 5 cm de profundidade no perfil indicou uma concentração das raízes nos 5 primeiros centímetros de profundidade, cerca de 68% da MS e uma quantidade significativa de raízes até os 15 cm de profundidade no solo drenado e 10 cm para o solo não drenado.

Palavras-chave: canola, condutância estomática, taxa fotossintética.

ABSTRACT

Course Conclusion Work
Graduation Course of Agronomy
Federal University of Santa Maria

STOMATAL CONDUCTANCE AND PHOTOSYNTHETIC RATE IN CANOLA CULTIVATED IN DRAINED SOIL AND WITHOUT DRAIN

Author: Leidiana da Rocha
Advisor: Prof°. Dr°. Arno B. Heldwein
Date: Santa Maria, november 25, 2015

Use of the canola in the crop rotation system is an alternative to the sustainability of agricultural production, mainly in South Brazil. Their development as well as any other crop is influenced by various environmental and ecophysiological plant factors. Objective of this study was to evaluate the stomatal conductance (g_s) and photosynthetic rate (A) in drained and undrained soil as well as their relationship with meteorological factors in the culture of canola. The experiment was conducted under field conditions with a block design with tracks where the treatments were drained and undrained soil, with four repetitions, totalizing 8 experimental units, measuring 12.6 square meters each. We used the cultivar Hyola 61 in full flowering. Were done two sunny and well-expanded leaves of two plants per plot, with a IRGA device (Infrared Gas Analyzer, ADC BioScientific Limited model-SD LCI) for five consecutive days in intervals of one hour each measurement. Roots of 2 plants / plot were collected. The length of roots every 5 cm of the profile and were measured and determined matter (MS). The variance analysis used to determine the effect of soil drainage in A and g_s did not show significant differences between treatments (with and without drain). The best correlation was obtained from photosynthetic rate with solar radiation, transpiration rate and vapor saturation deficit in the leaf, indicating direct relationship. Overall, the length of the roots of the whole soil profile did not differ significantly between plants in the drained soil and plants in the soil without drain. However, the evaluation of dry matter every 5 cm depth profile indicated a concentration of roots within the first 5 centimeters in depth, about 68% MS and a significant amount of roots up to 15 cm depth in the drained soil and up to 10 cm in the undrained soil.

Key words: canola, stomatal conductance, photosynthetic rate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura média do ar ($T_{ar}^{\circ}\text{C}$) nos horários e dias de coletas de dados de condutância estomática e taxa fotossintética em canola.	17
Figura 2: Radiação solar global (Q , MJ m^{-2}) no período de 10 as 17 horas para os cinco dias de coleta de dados.	18
Figura 3: Coeficiente de resistência aerodinâmica (E_a) no período de 10 as 17 horas para os cinco dias de coleta de dados.	19
Figura 4: Taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) no período de 10 as 17 horas para todos os dias de coleta de dados.	19
Figura 5: Déficit de saturação de vapor na folha (Δe , hPa) no período das 10 as 17 horas para os cinco dias de coleta de dados.	20
Figura 6: Taxa fotossintética (A , em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e condutância estomática (g_s , em $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) para folhas de canola em cinco dias de coletas de dados. Os pontos representam a média de todas as leituras em cada horário.	22
Figura 7: Distribuição média das raízes nas diferentes profundidades do perfil do solo.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de correlação entre taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), temperatura do ar (Tar), radiação solar global (Q), coeficiente de resistência aerodinâmica (Ea) e déficit de saturação de vapor na folha (Δe) para os dias 27, 28, 29, 30 e 31 de julho, respectivamente. 20

Tabela 2: Porcentagem de matéria seca (MS) de raiz nas diferentes profundidades do perfil e em duas condições hídricas do solo. 24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA	Erro! Indicador não definido.
2.2 FOTOSSÍNTESE	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

A introdução da canola no sistema de rotação de culturas no Sul do Brasil é considerada uma alternativa viável e promissora que garante auxiliar na sustentabilidade do sistema de produção agrícola. Sua utilização reduz a ocorrência de problemas fitossanitários de leguminosas, como a soja e o feijão, e das gramíneas, como o milho, o trigo, entre outros cereais de inverno, contribuindo para a estabilidade e a qualidade da produção de grãos.

Seu cultivo é realizado em diversas regiões do mundo, compreendidas em latitudes de 35° a 55°, sob clima temperado e em sistemas que permitem apenas um cultivo por ano. As condições ambientais do Brasil, mesmo nos locais mais frios, não atendem o número de horas de frio requeridas pelas cultivares invernais. Devido a isto, no Brasil são cultivados apenas cultivares de primavera, da espécie *Brassica napus* L. (TOMM et al., 2009). Outra exigência importante para o crescimento e o desenvolvimento da cultura é a necessidade de solos que apresentam uma boa drenagem, pois a canola é sensível ao encharcamento do solo (ZHOU; LIN, 1995). O excesso de água no solo, provocado pela sua má drenagem, reduz a concentração de oxigênio dos macros e microporos, o que provoca a paralização da respiração e compromete o crescimento radicular, consequentemente prejudica o desenvolvimento da parte aérea e provoca até mesmo a morte da planta (LIÃO; LIN, 2001).

O Rio Grande do Sul é o estado que apresenta maior participação na produção nacional, pois a cultura constitui uma das melhores alternativas para diversificação de cultivos de inverno e geração de renda pela produção de grãos. Porém, os estudos sobre a cultura ainda são muito incipientes e existe uma enorme carência de pesquisa, principalmente, em relação aos conhecimentos básicos das interações dos processos fisiológicos e os efeitos dos fatores ambientais sobre eles, os quais possibilitariam adotar técnicas de manejo da cultura de forma mais adequada, visando uma maior eficiência produtiva, pois sob condições de campo, a produtividade depende da capacidade das plantas desenvolverem mecanismos de defesa para se

adaptarem às mudanças ambientais e a estresses dos quais estão sujeitas durante todo o seu ciclo.

Entender as influências do ambiente sobre a condutância estomática tem sido foco central das pesquisas fisiológicas de plantas há muitas décadas, devido à relação entre a condutância e a assimilação de carbono (fotossíntese) e, portanto, crescimento e desenvolvimento da planta (ADDINGTON et al., 2004). Estudos desta natureza são fundamentais para compreender os processos adaptativos das espécies agrícolas, principalmente quando exploradas comercialmente, como vem sendo feito com a cultura da canola.

Em virtude disso, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a variação da condutância estomática e da taxa fotossintética em canola, sob condições de campo em solo com dreno e sem dreno e sua relação com variáveis meteorológicas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A canola é uma planta oleaginosa pertencente à família Brassicaceae e ao gênero *Brassica*, sendo *Brassica napus* L. e *Brassica campestris* L. as duas espécies atualmente mais cultivadas no mundo. Foi desenvolvida no Canadá a partir do melhoramento genético da colza (TOMM, 2006), durante os anos de 1958 a 1974, cujo objetivo principal foi obter teores de ácido erúico e de glucosinatos reduzidos, compostos estes presentes no óleo e potencialmente tóxicos para o consumo humano. Atualmente, os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteínas e, em média 40 e 45% de óleo, elevada quantidade de ômega-3, vitamina E, gorduras mono-insaturadas e o menor teor de gordura saturada de todos os óleos vegetais sendo, portanto, indicado para o consumo humano (TOMM et al., 2009b; SHARAFIZADEH et al., 2012).

É uma cultura de ciclo anual com hábito de crescimento indeterminado. Possui sistema radicular pivotante, com ramificação lateral significativa (THOMAS, 2014). O caule é herbáceo, ereto, com porte variável de 0,5 a 1,7

metros de altura. As folhas inferiores da planta são pecioladas e formam a roseta. Após a elongação do caule, as folhas emitidas são lanceoladas e amplexicaules (GULDEN et al., 2008). As flores, agrupadas em racemo, são pequenas e amarelas, formadas por quatro pétalas dispostas em forma de cruz, seis estames e o pistilo. A duração do período de floração varia com a cultivar. Os frutos são síliquas com cerca de seis centímetros de comprimento e em seu interior se encontram as sementes esféricas, com cerca de 2 mm de diâmetro e quando maduras, apresentam coloração marrom.

2.1 Condutância estomática

Os estômatos são porosidades com abertura regulável presentes na epiderme das folhas responsáveis pelo controle da entrada de gás carbônico e a perda de vapor de água. O controle estomático da condutância foliar é um mecanismo importante, através do qual as plantas limitam suas perdas de água, sendo frequentemente utilizado como indicador de estresse hídrico. Quando abertos, eles permitem a assimilação de gás carbônico e, ao fecharem-se, conservam água e reduzem o risco de desidratação da planta (TENHUNEN et al., 1987). Sua abertura ou seu fechamento dependem basicamente de fatores fisiológicos da planta, das condições edáficas e meteorológicas do ambiente onde as plantas estão inseridas.

Muitos estudos têm sido realizados para quantificar a magnitude dos efeitos meteorológicos sobre controle estomático nas trocas gasosas, destacando os realizados por Hall et al. (1976), Sheriff (1979), Landsberg; Butller (1980), Ludlow (1980), Jarvis (1980), Whithead et al. (1981), Tenhunen et al. (1987), Mielke et al. (1999), Gao (2000) e Soares; Almeida (2001). Porém, vários são os fatores ambientais, como radiação solar, temperatura e umidade do ar, bem como assimilação de carbono, reguladores de crescimento e condições hídricas da planta, que estão associados com o papel regulador dos estômatos.

A condutância estomática é controlada pelas células guarda que controlam a abertura estomática através da turgidez. A atividade estomática determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas e, portanto, determina a taxa de crescimento da planta (JARVIS; MCNAUGHTON, 1986).

Segundo Kallarackal; Somen (1995) existe um padrão bastante consistente quanto à variação da condutância estomática durante o dia, ou seja, pela manhã, geralmente se vê em maiores valores, enquanto que pela parte da tarde, esses valores são reduzidos. Os mesmos autores em análises preliminares verificaram que a condutância estomática foi controlada pelo saldo de radiação e pelo déficit de pressão de vapor. Logo a redução da abertura estomática, que geralmente acontece próximo ao meio dia, pode ser entendida como uma estratégia evolutiva de maximizar a eficiência do uso da água, pois os estômatos permanecem com maior abertura apenas quando o déficit de pressão de vapor é menor.

Estudos detalhados das respostas fisiológicas e regulação da abertura estomática, em função do estágio de desenvolvimento da espécie e de cada fator ambiental, têm sido feitos com sucesso em laboratório (LANGE et al., 1982; RASCHKE, 1979). Tais estudos têm indicado que a luz, a disponibilidade hídrica no solo e a umidade relativa são os principais fatores ambientais que afetam a atividade estomática. Sob condições de campo, devido à variação de fatores ambientais simultaneamente, a avaliação dos mecanismos de regulação da abertura estomática e das trocas gasosas é bem mais complexa.

A restrição da perda de água pelo fechamento dos estômatos e o aumento da aquisição de água através do sistema radicular são mecanismos importantes para manter a turgescência, o crescimento e a sobrevivência das plantas (NGUGI et al., 2004). Assim, a condutância estomática representa uma variável chave para prever o uso da água e a fotossíntese líquida e, portanto, a eficiência de uso da radiação e da produtividade primária líquida (AMARAL et al., 2006; MARENCO et al., 2014; MACFARLANE et al., 2004). Sua parametrização é essencial na simulação da produtividade de plantações e de eficiência do uso da água em ecossistemas de produção agrícola.

2.2 Fotossíntese

A fotossíntese pode ser definida como um processo físico-químico, mediante o qual os organismos fotossintéticos sintetizam compostos orgânicos a partir de matéria-prima inorgânica, na presença de luz solar. De acordo com DIXON et al. (1990), a fotossíntese é um dos processos fisiológicos chaves fundamentais na modelagem de aspectos do crescimento da planta e é utilizada como ferramenta para indicar condições de estresses causadas pelo ambiente e na seleção de condições de crescimento apropriadas para diferentes espécies (PASTENES et al., 2003; LIN; HSU, 2004).

Os processos de fotossíntese e transpiração estão intimamente relacionados entre si através dos estômatos, pois ao mesmo tempo em que os estômatos oferecem resistência à difusão da água dentro da folha para a atmosfera, constituem-se de uma barreira para a entrada de CO₂. Portanto, reduções na condutância estomática com o intuito de diminuir a perda de água também reduzem as taxas fotossintéticas (PEARCY; PFTISCH, 1991).

Os fatores como concentração da H₂O, CO₂ e nutrientes, intensidades da luz e da temperatura do ar, bem como a idade e a genética da planta influenciam na fotossíntese. Mas, quando a água é um fator limitante, de imediato retarda-se a expansão celular da parte aérea, então o crescimento diminui. Se aumentar um pouco mais o estresse hídrico os estômatos se fecham parcialmente e a captura de CO₂ também diminui (ROCHA; MORAES, 1997).

A fotossíntese é o processo biológico mais importante do planeta, pois tem a capacidade de aproveitar a energia luminosa e convertê-la em energia bioquímica, além de transformar o CO₂ atmosférico em matéria orgânica (LARCHER, 1995). A combinação das variáveis, luz e CO₂ constituem a condição básica para a fotossíntese. A redução da disponibilidade de qualquer um desses dois fatores diminui a produção fotossintética, reduzindo o crescimento da planta bem como sua produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental localizada no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), situada na Depressão Central do Rio Grande do Sul (29° 43' 23" S; 53° 43' 15" O; 95 m). O clima da região é o Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida, de acordo com a classificação de Köppen. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico úmbrico (STRECK et al., 2008).

O solo foi preparado de forma convencional, com aração e gradagens, visando uniformizar a área. Após, foi realizada a abertura de valas, entre as parcelas, nos locais onde os tratamentos com drenos foram aplicados.

A semeadura foi realizada no dia 22 de abril de 2015 com uma semeadora artesanal, a qual distribuiu um número acima do recomendado de sementes. Após a emergência, realizou-se o desbaste do excesso de plantas por metro linear, com a finalidade de garantir um estande mínimo de 40 plantas m⁻². Cada unidade experimental era composta por cinco fileiras de plantas, espaçadas em 50 cm entre fileiras e 5,6 cm entre plantas.

A adubação de base e de cobertura foi realizada de acordo com a análise de solo, seguindo as indicações do Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina para a cultura da canola. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com a necessidade ao longo do ciclo, visando manter a cultura livre de pragas, doenças e plantas daninhas, seguindo as indicações técnicas para a cultura.

Foi utilizado a cultivar de canola Hyola 61, em estágio de pleno florescimento, no delineamento experimental em blocos ao acaso em parcelas subdivididas e quatro repetições, onde os tratamentos aplicados foram solo drenado e solo sem dreno, totalizando 8 unidades experimentais. Cada unidade experimental constou de 2,5 x 5 m, totalizando 12,5 m².

Foi marcada uma folha sadia, exposta a radiação solar, na posição mediana do perfil de duas plantas. As leituras da taxa fotossintética,

condutância foliar e taxa de transpiração foram realizadas em folhas totalmente expandidas com o auxílio de um sistema portátil de medições (IRGA - Infrared Gas Analyzer, ADC BioScientific Limited, modelo LCI-SD), durante 5 dias seguintes, em intervalos de cerca de uma hora cada medida, nos dias 27, 28, 29 e 30 de julho. Nesses dias houve formação de neblina nas primeiras horas da manhã, por isso, as medidas foram iniciadas às 10 h e finalizadas às 17 h, período com predominância de ausência de nuvens. No último dia (31 de julho), as medidas foram iniciadas às 8 h da manhã em condições de céu totalmente limpo, porém houve períodos de nebulosidade durante o dia, além da presença de um intenso vento norte, o qual é caracterizado por ser quente e possuir umidade relativa do ar em níveis intermediários a baixos. Não houve precipitação em nenhum dos dias de coleta dos dados.

Utilizaram-se os dados de temperatura do ar (T_a , °C), radiação solar global (Q , MJ/m²) e velocidade do vento (u , m s⁻¹), obtidos da Estação Meteorológica Automática da UFSM, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia/Instituto Nacional de Meteorologia (DISME/INMET), localizada aproximadamente 50 m da área experimental. Calcularam-se o coeficiente de resistência aerodinâmica (E_a), bem como o déficit de pressão de vapor da folha (Δe foliar) utilizando as seguintes equações:

$$E_a = (0,2625 + 0,138 * u_2) * (e_s - e)$$

Na qual:

E_a = coeficiente de resistência aerodinâmica

u_2 = velocidade do vento a 2 metros de altura (m/s)

e_s = pressão de saturação do vapor do ar (hPa)

e = pressão de vapor do ar (hPa)

$$\Delta e_{\text{foliar}} = 6,108 * 10^{(7,5 * T_F / 237,5 + T_F)}$$

Na qual:

Δe_{foliar} = déficit de pressão de vapor da folha (hPa)

T_F = temperatura da folha (°C)

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software estatístico SISVAR para verificar se havia efeito dos tratamentos com e sem dreno sobre as variáveis estudadas.

Também, foram coletadas as raízes de duas plantas por parcela com o auxílio de pás de corte, onde se tirou um bloco de solo contendo as raízes. Posteriormente, foi realizada a lavagem das mesmas e medido o comprimento das mesmas a cada 5 cm de profundidade. Na sequência, as raízes foram submetidas à secagem em estufa por três dias a temperatura de 60°C e realizada a pesagem da matéria seca. Estes dados também foram submetidos à análise de variância para verificar se havia diferença do sistema radicular entre os tratamentos com e sem dreno. Aplicou-se o teste F e o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 apresenta a temperatura do ar registrada para cada horário em que foram realizadas as leituras. Dentre os cinco dias de medições, os menores valores de temperatura foram registrados nos dias 27 e 28 de julho, devido à ocorrência de precipitações nos dias anteriores. As temperaturas médias do ar registradas nos dias 27, 28, 29, 30 e 31 foram 18,5 , 24,5, 27,7 , 26,7 e 26,7°C, respectivamente.

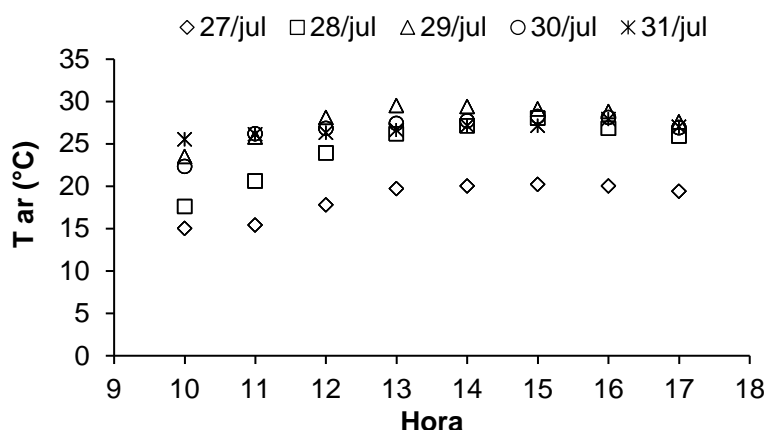


Figura 1: Temperatura média do ar (Tar°C) nos horários e dias de coletas de dados de condutância estomática e taxa fotossintética em canola.

Na figura 2 pode-se observar que no dia 31/07/2015, a radiação solar global (Q) apresentou valores altos nas duas primeiras horas de medições, porém, a partir das 11 h houve um declínio, devido à ocorrência de nuvens. Esta variação ocorreu novamente no horário das 14 h, onde o céu apresentava-se novamente encoberto. No horário das 16 h não havia mais nuvens no céu, no entanto, a partir das 17 h houve decréscimo dos valores de Q pelo fato de o sol estar se pondo. Nos demais dias, em que o céu encontrava-se totalmente claro, observa-se uma tendência normal da Q, onde pelo início da manhã e à tardinha têm-se os menores valores e, por volta do meio dia, se atingem os valores de máxima energia solar incidente.

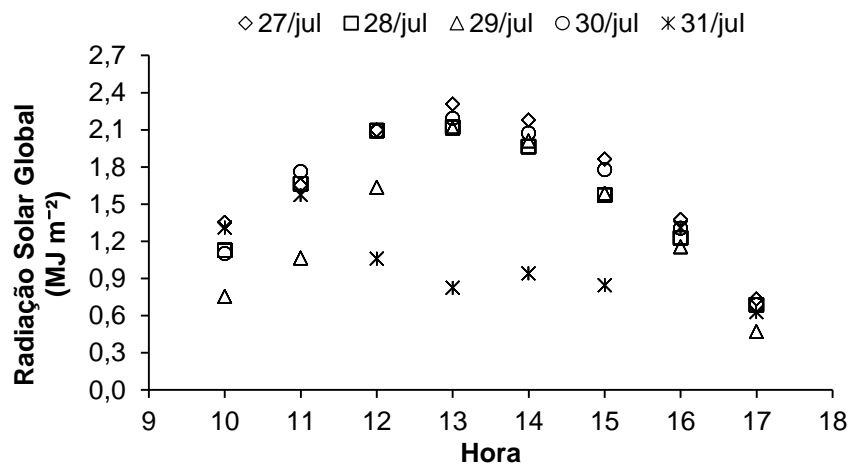


Figura 2: Radiação solar global (MJ m^{-2}) no período de 10 as 17 horas para os cinco dias de coleta de dados.

No dia 31, o coeficiente de resistência aerodinâmica apresentou valores mais elevados (como mostra a figura 3), decorrente da presença de um intenso vento norte.

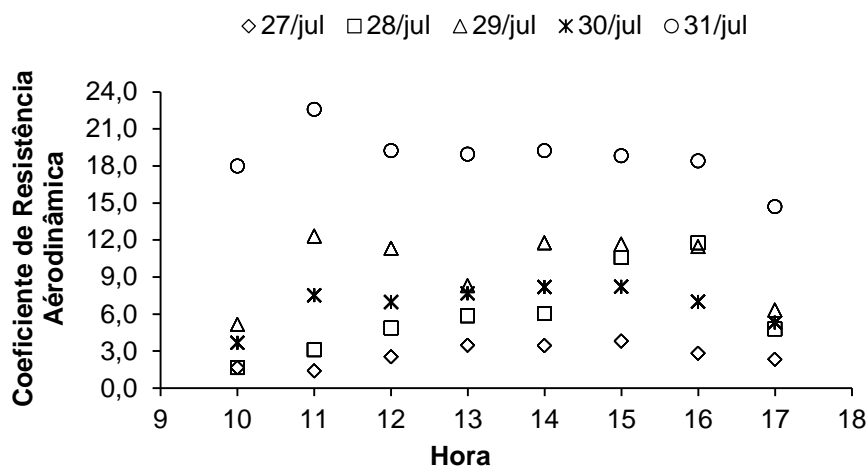


Figura 3: Coeficiente de resistência aerodinâmica (E_a) no período de 10 às 17 horas para os cinco dias de coleta de dados.

A figura 4 mostra a média da taxa de transpiração em cada horário em que se realizaram as leituras. O dia 30/07 apresentou o maior valor médio diário da taxa de transpiração (E), cerca de $4,5 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-2}$, ao contrário do dia 31/07 que obteve $2,6 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-2}$ de média diária, a menor média entre os cinco dias.

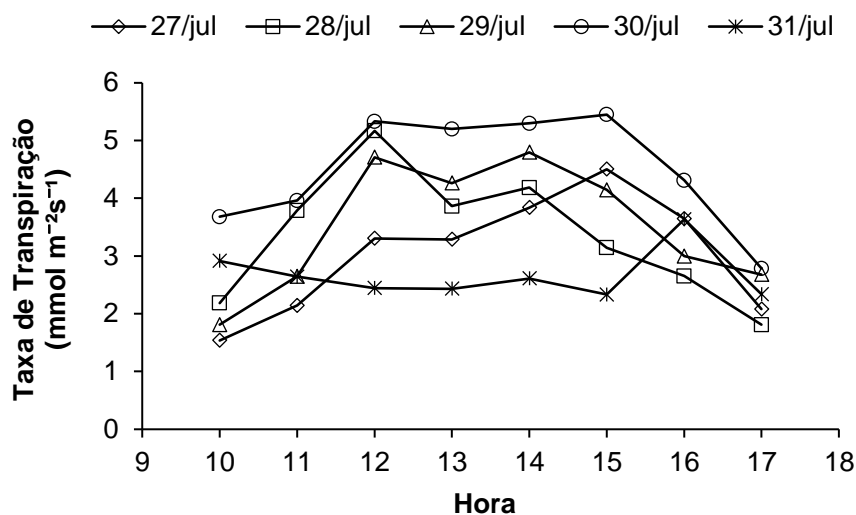


Figura 4: Taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) no período de 10 as 17 horas para todos os dias de coleta de dados.

Comparando-se todos os dias de leitura, o déficit de pressão de saturação de vapor d'água na folha apresentou valores muito baixos no dia 31/07, como mostra a figura 5.

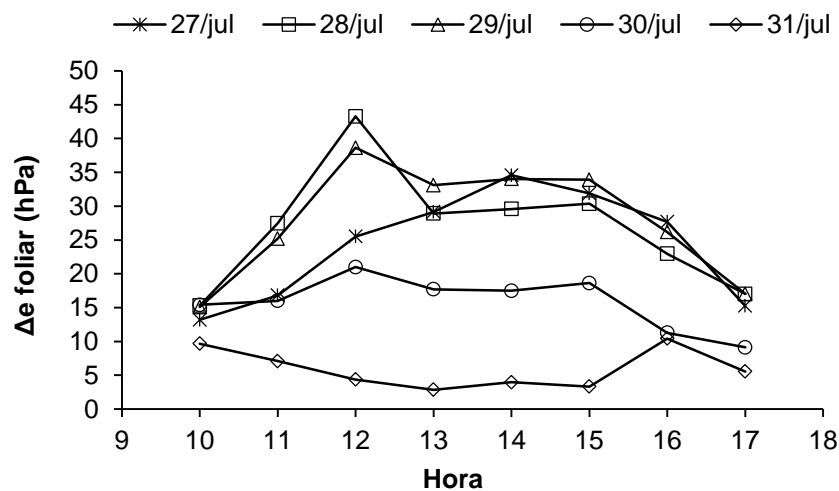


Figura 5: Déficit de pressão de saturação de vapor na folha (Δe , hPa) no período das 10 as 17 horas para os cinco dias de coleta de dados.

A análise de variância realizada para os tratamentos (com e sem dreno), para os fatores blocos (1, 2, 3, 4) e horas (10:00 as 17:00) indicou diferença significativa apenas para o fator hora, tanto para a variável de taxa fotossintética como para a condutância estomática em todos os dias de coleta dos dados. Provavelmente, não houve efeito dos tratamentos sobre as variáveis A e gs devido às precipitações ocorridas nos dias anteriores não terem sido de grande volume, o que não ocasionou encharcamento do solo.

Na tabela 1 são apresentadas as correlações entre a taxa fotossintética, condutância estomática e as variáveis meteorológicas, para cada dia em que foram realizadas as leituras. Observam-se boas correlações da taxa fotossintética com taxa de transpiração, radiação solar global e déficit de saturação de vapor na folha em todos os dias analisados, demonstrando relações lineares entre estas variáveis. Mesmo apresentando coeficientes não tão significativos, obteve-se também uma boa correlação entre a taxa fotossintética e a condutância estomática, onde estas apresentaram relação direta, pois sem haver abertura estomática, a fotossíntese tende a zero.

A condutância estomática não apresentou correlações significativas para nenhuma das demais variáveis, exceto para a taxa fotossintética, a qual foi positiva, porém baixa. Isso indica que a condutância estomática é simultaneamente afetada por diversos fatores ambientais, e por isso, os

esforços para correlacioná-la com as variáveis do ambiente, com dados de campo, nem sempre têm resultado em sucesso.

Tabela 1: Coeficientes de correlação entre taxa fotossintética (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), temperatura do ar (T_{ar}), radiação solar global (Q), coeficiente de resistência aerodinâmica (Ea) e déficit de saturação de vapor na folha (Δe) para os dias 27, 28, 29, 30 e 31 de julho, respectivamente.

DATA	gs	E	T_{ar}	Q	Ea	Δe foliar
27/07/15						
A	0,4	0,52	0,01	0,63	0,25	0,54
gs	1	0,09	-0,46	0,12	-0,42	-0,18
28/07/15						
A	0,43	0,63	-0,33	0,7	0,34	0,46
gs	1	0,22	-0,39	0,18	-0,37	-0,24
29/07/15						
A	0,49	0,61	0,31	0,74	0,38	0,68
gs	1	0,01	-0,27	0,13	-0,59	-0,45
30/07/15						
A	0,48	0,52	-0,25	0,62	0,19	0,49
gs	1	0,05	-0,32	0,03	-0,24	-0,12
31/07/15						
A	0,5	0,69	-0,18	0,7	0,27	0,69
gs	1	0,7	-0,003	0,17	-0,14	-0,19

A baixa correlação entre A e gs confirma que tanto a fotossíntese como a condutância estomática são parâmetros da planta que respondem simultaneamente a um conjunto de fatores que interagem de forma coordenada, mas altamente complexa. Enquanto, a baixa concentração de CO_2 e a alta radiação estimulam diretamente a abertura dos estômatos, a baixa umidade e a transpiração excessivas causam diminuição no potencial hídrico foliar, o que pode levar ao fechamento dos estômatos (Marengo et al., 2006). Desse modo, não é surpreendente encontrar uma baixa correlação entre A e gs em condições naturais de luminosidade e umidade do ar.

A figura 6 apresenta os valores de taxa fotossintética e de condutância estomática no horário das 10 às 17 horas nos cinco dias de coleta dos dados.

A condutância estomática apresentou grandes variações durante o dia e entre os dias. Isso porque é uma variável que depende da temperatura do ar, do déficit de pressão do vapor d'água e do potencial da água no solo. São vários fatores que interferem simultaneamente, por isso, exige uma seleção adequada dos dados de campo para que posteriormente possam ser analisados (JARVIS, 1976).

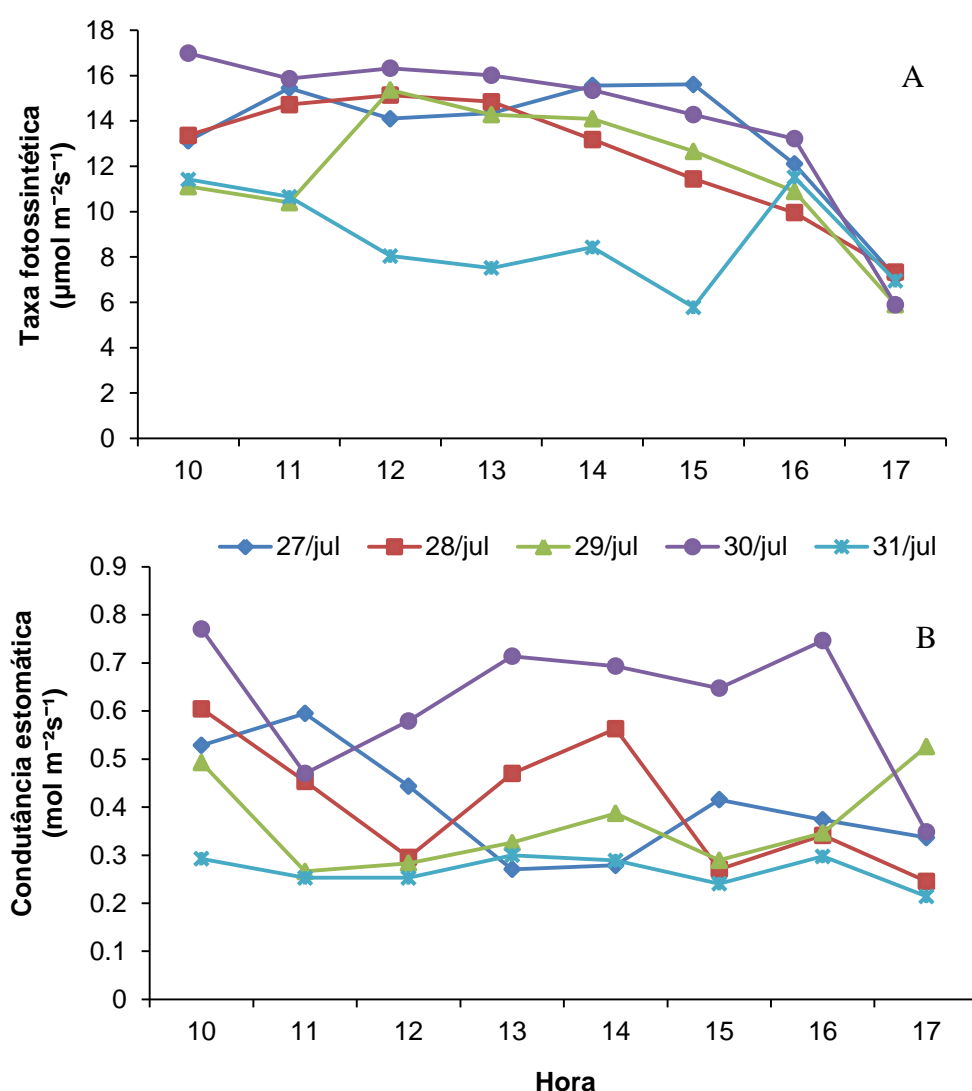


Figura 6: (A) Taxa fotossintética (A, em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e (B) condutância estomática (gs, em $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) para folhas de canola em cinco dias de coletas de dados. Os pontos representam a média de todas as leituras em cada horário.

Observa-se que no dia 31, tanto a A como a gs, tiveram os menores valores, demonstrando uma relação direta entre essas duas variáveis. Neste dia, o Ea apresentou valores elevados o que pode ter facilitado a transpiração da planta. Caso a demanda evaporativa for muito alta, pode haver fechamento dos estômatos como forma de defesa para manter-se túrgida, evitando a perda excessiva de água para a atmosfera. Além do fechamento estomático, a baixa atividade fotossintética foi resposta da passagem de nuvens, indicando nesse caso a relação desta variável com a Q.

Abaixo, na figura 7, está representada a distribuição das raízes a cada 5 cm de profundidade, sendo 30 cm a profundidade máxima das raízes das plantas analisadas.

Em relação aos dados de raízes, de acordo com o Teste F em nível de 5% de significância aplicado para os tratamentos com e sem dreno, verificou-se, de modo geral, que não houve diferença estatisticamente significativa entre eles, tanto para os dados de comprimento como para os de matéria seca.

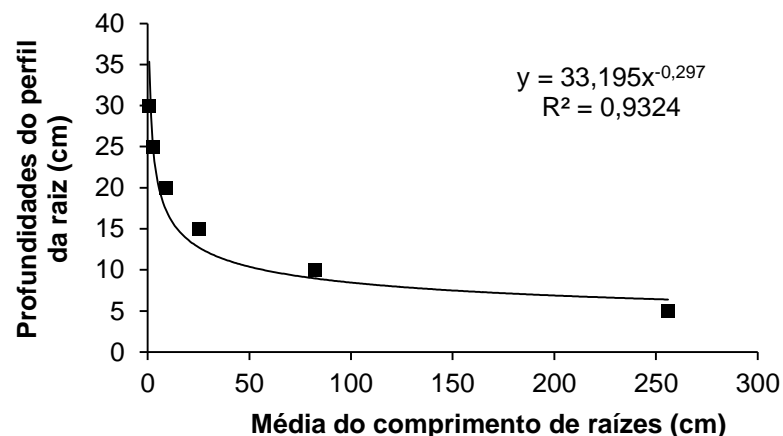


Figura 7: Distribuição média das raízes nas diferentes profundidades do perfil do solo.

Cerca de 68% do comprimento total de raízes concentram-se nos 5 cm de profundidade, 21% de 5-10 cm e 7% de 10-15 cm no perfil. Os restantes 4% estão distribuídos dos 15 aos 30 cm. Isso mostra que o sistema radicular da

canola não atinge grandes profundidades quando o solo apresenta-se com elevado teor de umidade.

No entanto, o teste de Tukey realizado para cada 5 cm de profundidade demonstrou diferença na porcentagem de matéria seca (MS) entre os tratamentos dentro das mesmas profundidades, como mostra a tabela 2 abaixo. Observa-se maior porcentagem de massa seca das raízes situadas até os 10 cm de profundidade para as plantas que se encontravam na parte sem dreno, enquanto que na parte do solo com dreno as raízes concentravam-se significativamente até os 15 cm.

Tabela 2: Porcentagem de matéria seca (MS) de raiz nas diferentes profundidades do perfil e em duas condições hídricas do solo.

Profundidade (cm)	Condições do solo	MS %
0-5	sem dreno	87,05 <i>a</i>
	com dreno	73,64 <i>b</i>
5-10	sem dreno	11,84 <i>b</i>
	com dreno	20,66 <i>a</i>
10-15	sem dreno	0,78 <i>b</i>
	com dreno	5,03 <i>a</i>
15-20	sem dreno	0,23 <i>a</i>
	com dreno	0,53 <i>b</i>
20-25	sem dreno	0,02 <i>b</i>
	com dreno	0,18 <i>a</i>
25-30	sem dreno	0,00 <i>b</i>
	com dreno	0,03 <i>a</i>

O comprimento total da raiz principal na parte do solo sem dreno atinge os 25 cm e na área em que o solo se encontra com dreno, o comprimento total atinge 30 cm de profundidade.

Esses resultados indicam que no tratamento com dreno, na primeira camada superficial (0-5 cm) houve maior concentração de MS, ou seja, houve

maior investimento nessa camada de solo pela cultura, pois abaixo a elevada umidade pode ter impedido desenvolvimento radicular. O contrário ocorre nas demais camadas, onde os drenos possibilitaram melhor desenvolvimento radicular do que no tratamento sem dreno. Além disso, demonstra que a planta expande seu sistema radicular em busca de água quando submetida a solos em condição de baixa disponibilidade de água.

5. CONCLUSÕES

A taxa fotossintética apresenta relação direta com a radiação solar global, transpiração e déficit de pressão de saturação de vapor d'água na folha. A correlação entre condutância estomática e fotossíntese foi positiva, porém baixa e não demonstrando diferença entre o solo com dreno e o solo sem dreno, comprovando que as respostas dos estômatos às variáveis meteorológicas são complexas.

Observa-se maior acúmulo de MS das raízes nos primeiros 15 cm de profundidade para solo com dreno e 10 cm para solo sem dreno, indicando maior expansão do sistema radicular das plantas quando submetidas a menor disponibilidade de água no solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDINGTON, R. N. et al. Stomatal sensitivity to vapor pressure deficit and its relationship to hydraulic conductance in *Pinus palustris*. **Tree Physiology**, v.24, n.5, p. 561-569, 2004.,

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

DIXON, R. K. et al. **Process modeling of forest growth responses to environment stress**. Portland: Timber Press, v.19, n.2, pp. 441, 1990.

GAO, F. Water relations and gas exchange of tropical sapling during a prolonged drought in a Bornean heath forest, with reference to root architecture. **Journal of Tropical Ecology**, v.16, p.101-116, 2000.

GULDEN, R. H.; WARWICK, S. I.; THOMAS, A. G. The biology of Canadian Weeds. 137. *Brassica napus* L. and *B. rapa* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v.88, n.5, p.951-996, 2008.

HALL, A. E.; SCHULZE, E. D.; CHIPPENDALE, G. M. Current perspectives of steady-state stomatal responses to environment. In: LANGE et al. (eds.). **Water and plant life**. Springer-Verlag, v.19, p.169-188, 1976.

JARVIS, P. G. & MCNAUGHTON, K. G. Stomatal control of transpiration: Scaling up from leaf to region. **Advances in Ecological Research**, Academic Press, v. 15, p. 1-49, 1986.

JARVIS, P. G. Interpretation of Variations in Leaf Water Potential and Stomatal Conductance Found in Canopies in Field. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, v.273, p. 593-610 1976.

JARVIS, P. G. Stomatal response to water stress in Conifers. In: TURNER; KRAMER. (ed.) **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. John-Wiley, v.7, p. 105-122, 1980.

KALLARACKAL, J.; SOMEN, C. K. Water use by *Eucalyptus tereticornis* stands of differing density in southern India. **Plant Physiology Division**, Kerala Forest Research Institute, Kerala, India, v.17, p. 195-203, 1995.

LANDSBERG, J. J.; BUTLER, D. R. Stomatal response to humidity: Implications for transpiration. **Plant, cells and environment**, v.3, n.1, p. 29-33, 1980.

LANGE, O. L. et. al. Water Relations and Carbon Assimilation. **Physiology Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology**, v. 12, p. 244-251, 1982.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Berlin; Springer-Verlag, pp.495, 1995.

LIAO, C-T. e LIN, C-H. Physiological adaptation of crop plants to flooding stress. **Proceedings of the National Science Council ROC (B)**, v.25, n.3, p.148-157, 2001.

LIN, M.J.;HSU, B. D. Photosynthetic plasticity of *Phalaenopsis* in response to different light environments. **Journal of plant physiology**, Amsterdam, v.161, p.1259-1268, 2004.

LUDLOW, M. M. Adaptive significance of stomatal responses to water stress. In: WILSON, E. O. **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: Wiley, p.123-128, 1980.

MACFARLANE, C.; WHITE, D. A.; ADAMS, M. A. The apparent feed-forward response to vapour pressure deficit of stomata in droughted, field-grown *Eucalyptus globulus* Labill. **Plant, cell and environment**, Oxford, v.27, p.1268-1280, 2004.

MARENCO, R. A., et al. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 786-799, 2014.

MARENCO, R.A. et al. Hydraulically based stomatal oscillations and stomatal patchiness in *Gossypium hirsutum*. **Functional Plant Biology**, v.33, p.1103-1113, 2006.

MIELKE, M. S. et al. **Stomatal control of transpiration in the canopy of clonal *Eucalyptus grandis* plantation**. *Trees*, v.13, n.3, p.152-160, 1999.

NGUGI, M. R. et al. Selection of species and provenances for low-rainfall areas: physiological responses of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* to seasonal conditions in subtropical Queensland. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.193, n.1-2, p.141-156, 2004.

PASTENES, C. et al. Domestication of the Chilean guava (*Ugni molinae* Turcz), a forest understorey shrub, must consider light intensity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.98, p. 71-84, 2003.

PEARCY, R. W.; PFITSCH, W. A. Influence of sunflecks on the $\delta^{13}C$ of *Adenocaulon bicolor* plants occurring in contrasting forest understory microsites. **Oecologia**, Heidelberg, v.86, p.457-462, 1991.

RASCHKE, K. Movements using turgor mechanisms: Movements of stomata. In: Haupt, W.; Feinleib, M.E. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. Springer-Verlag. Berlin. V.7, p.383-441, 1979.

ROCHA, A. M. dos S.; MORAES, J. A. P. V. de. Influência do Estresse Hídrico Sobre as Trocas Gasosas Em Plantas Jovens Envasadas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.9, n.1, p.41-46, 1997.

SHARAFIZADEH, M. et al. Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity yield of canola hybrid seed (Hayola 401). Disponível em: < [http://www.thefreelibrary.com/Effect of planting date and planting pattern on quality and quantity...-a0304466633](http://www.thefreelibrary.com/Effect+of+planting+date+and+planting+pattern+on+quality+and+quantity...-a0304466633)>. Acesso em: 20/07/2015.

SHERIFF, D. W. Stomatal aperture the sensing of the environment by guards cells. **Plant, cells and environment**, v.2, n.1, p.15-22, 1979.

SOARES, J. V., ALMEIDA, A. C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing Eucalyptus plantation Brazil. **Journal of Hidrology**, v.253, n.1, p. 130-147, 2001.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. - 2 ed.- Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, p. 222, 2008.

TENHUNEN, J. D.; PEARCY, R. W.; LANGE, O. L. Diurnal variation in leaf conductance and gas exchange in natural environments. In: ZEIGER et al. (eds.). **Stomatal function**. Califórnia Stanford University Press, p.323-351, 1987.

THOMAS, P. The growers' manual: Canola Council of Canada, 2014. Disponível em: http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx. Acesso em 28/08/ 2015.

TOMM, G. O. Canola: alternativa de renda e benefícios para os cultivos seguintes. **Revista Plantio Direto**, v. 15, n. 94, p. 4-8, jul./ago. 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/canolarev_plantio_direto_2006.pdf.pdf Acesso em: 29/06/2015.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, pp.41, 2009. (Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.htm). Acesso em: <15/10/2015>.

TOMM, G. O. et al. **Tecnologia para produção de canola no Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, pp.39, 2009. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do113.pdf. Acesso em: 20/10/2015.

WHITEHEAD, D.; OKALI, D. U. U.; FASEHUN, F. E. Stomatal response to environmental variables in two tropical species during the dry season in Nigeria, **Journal of applied ecology**, v.18, p.571-587, 1981.

ZHOU, W. e LIN, X. **Effects of waterlogging at different growth stages on physiological characteristics and seed yield of winter rape (Brassica napus L.)**. Field Crops Research, v.44, p.103-110, 1995.